

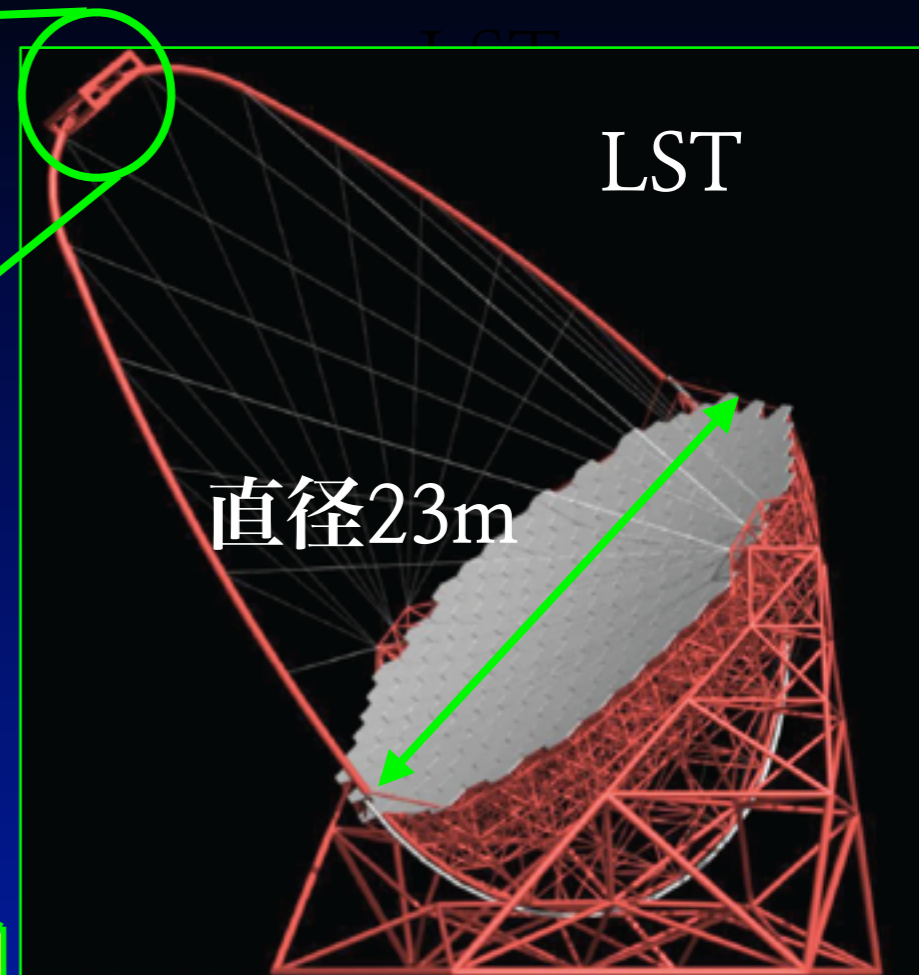
CTA 報告82: CTA 大口径望遠鏡のデータ収集システム開発

石尾一馬 A、大岡秀行 A、窪秀利 B、今野裕介 B、齋藤浩二 A、齋藤隆之 B、手嶋政廣 A,C、
中嶋大輔 A、花畑義隆 A、林田将明 A、山本常夏 D
東大宇宙線研 A、京大理 B Max-Planck-Inst. fuer Phys. C 甲南大理工 D

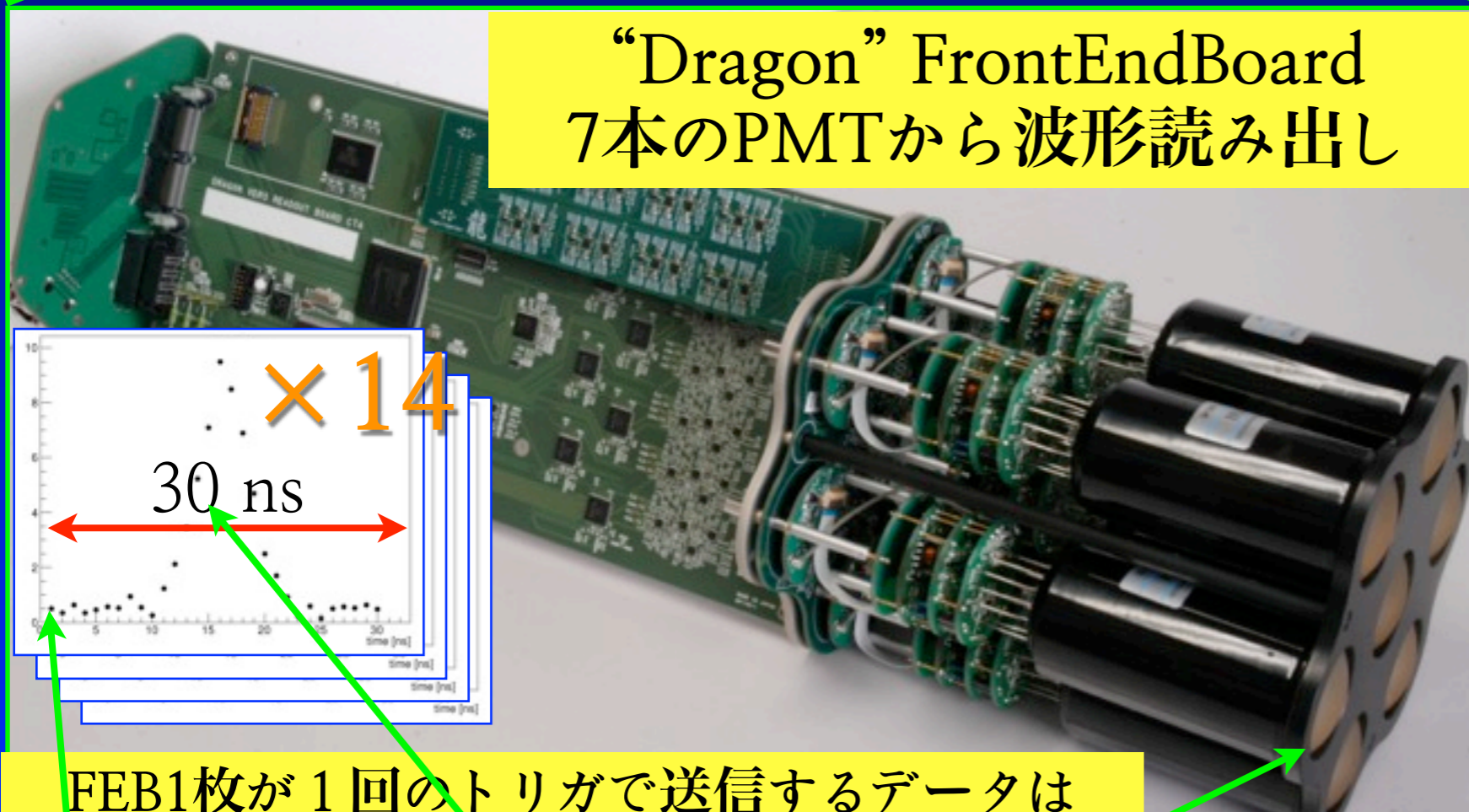
2014年 9月 18日 日本物理学会 2014年秋季大会@佐賀大学

大口径望遠鏡LST

焦点面に
1855本のPMT



“Dragon” FrontEndBoard
7本のPMTから波形読み出し

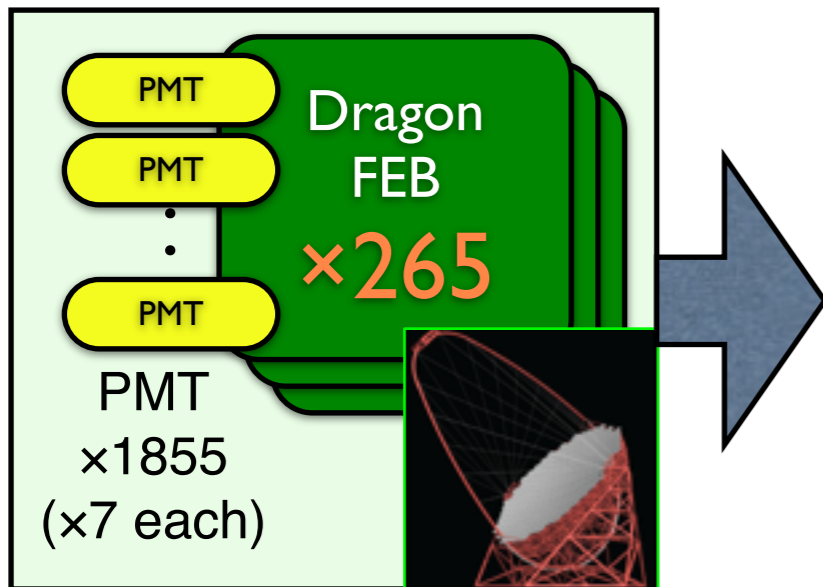


SiTCP技術をFPGA内に実装。
データ送信はTCP/IP通信、
その他制御はUDP通信で
行われる。

FEB1枚が1回のトリガで送信するデータは

$$\{(2 \text{ byte/time slice} \times 30 \text{ time slice}) + 1\} \times (7_{\text{PMT}} + 1) \times \text{H/L gain} = 976 \text{ Bytes/Event}$$

データ転送レート の 要求値



FEB1枚からは、トリガ1回で976Bytes ~ 1KB(8Kbits)

20kHz でトリガがかかる場合、156Mbps

$$1\text{KB} \times 20\text{kHz} = 8\text{Kbits} \times 20\text{kHz} = 160000\text{kbps} = 156\text{Mbps}$$

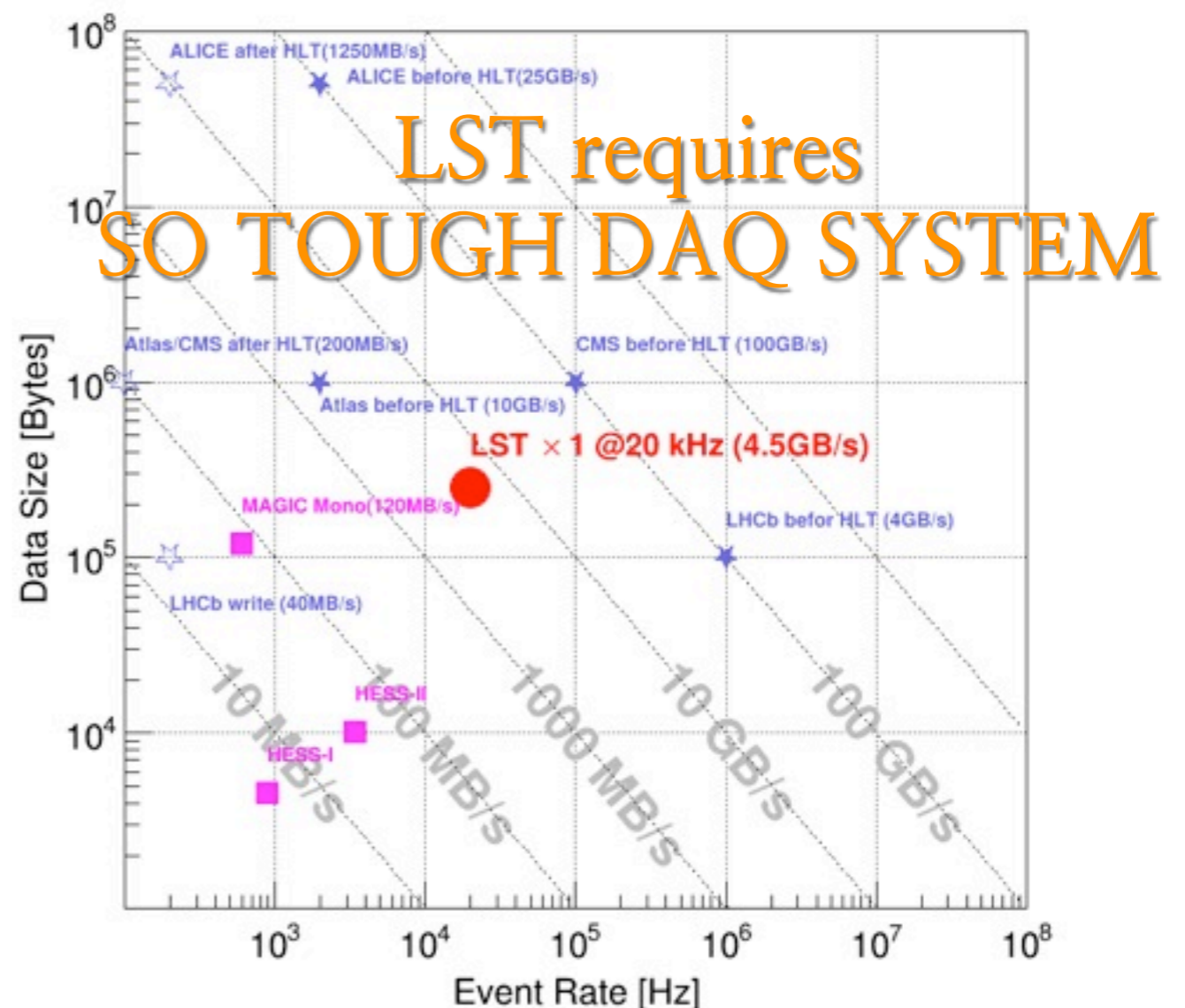
LST1台当たり、156Mbps \times 265 FEBs

~40Gbps

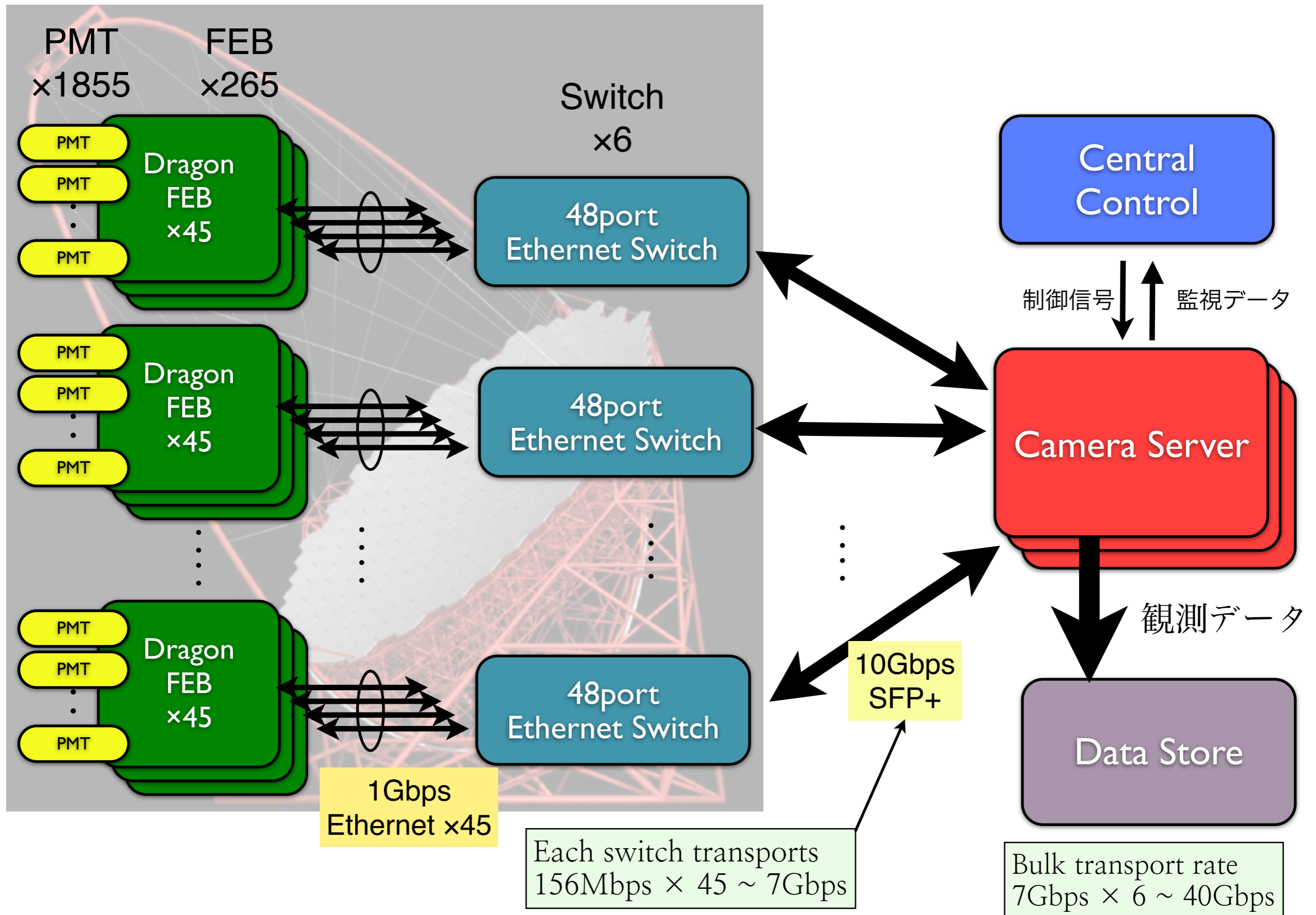
LSTは低エネルギーの感度向上に焦点
 しかし、低エネルギーほど
 background によるトリガレート増加
 現行IACT $\sim 0.1\text{kHz}$



LSTでは、平均20kHzを捌く
 データ収集システムが必要
 (Requirement : 15kHz)

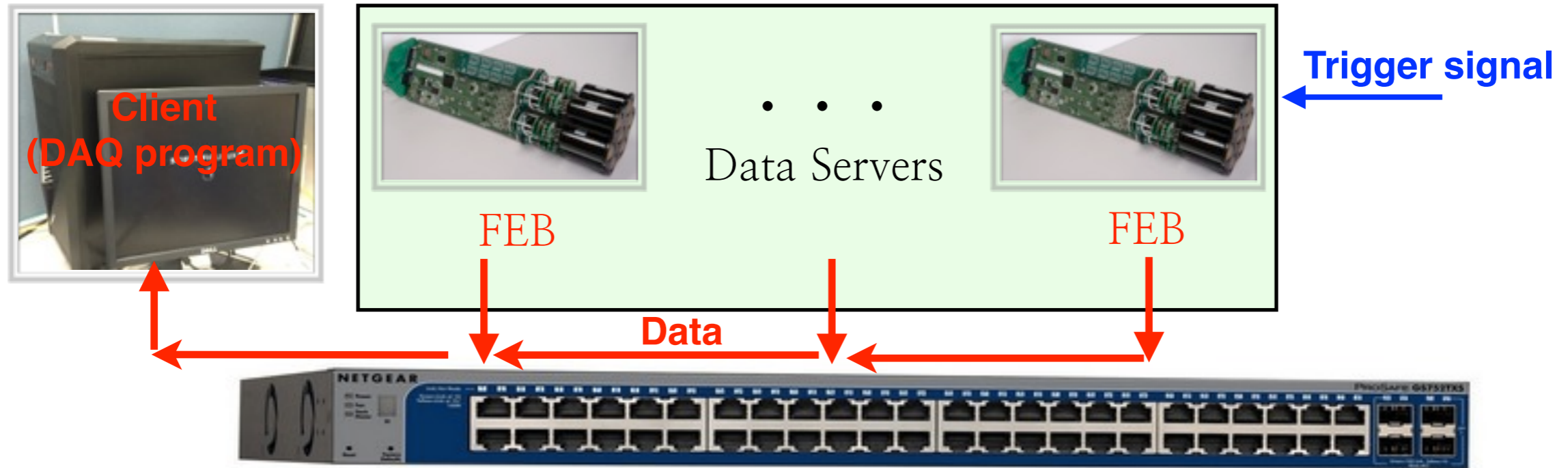


データ収集(DAQ)システムの構成

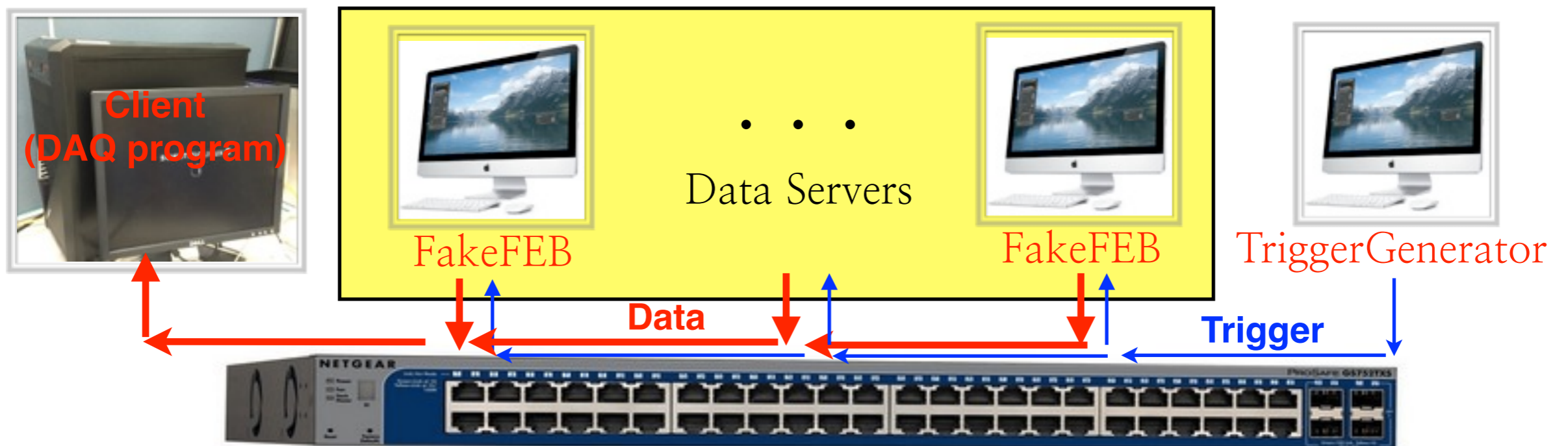


DAQ Test configuration (Hardware)

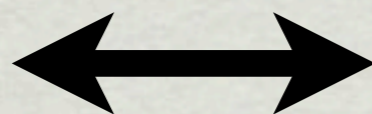
Test configuration after FEB is manufactured



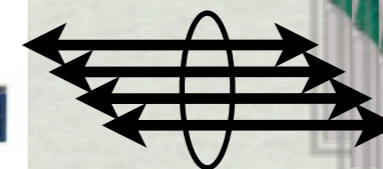
Test configuration before FEB is manufactured



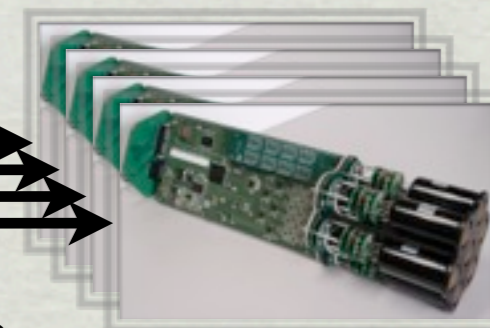
DAQ program “DragonDaq”



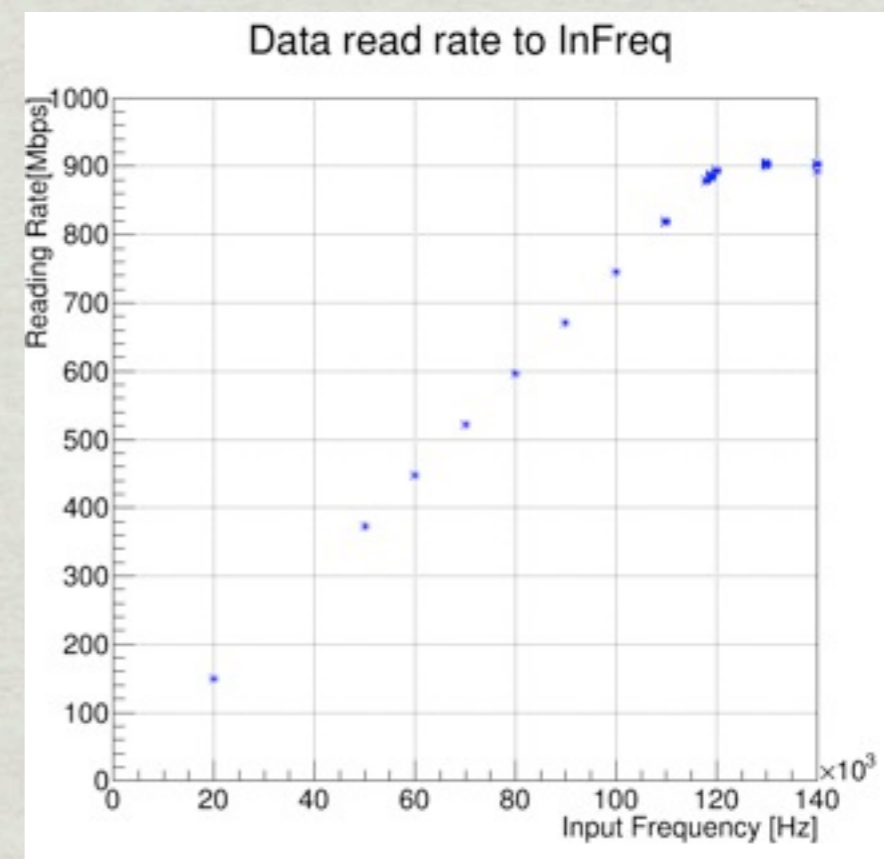
10Gbps SFP+
or
1Gbps Ethernet



1Gbps
Ethernet

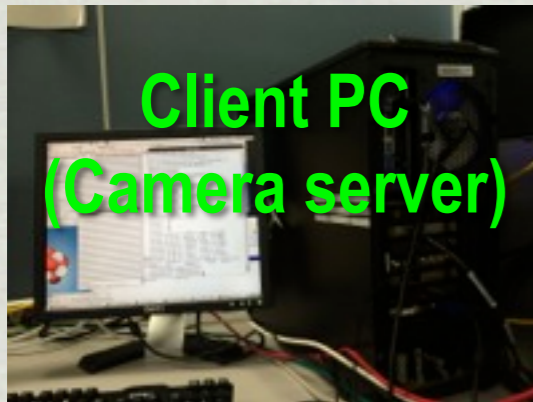


- データ取得速度に焦点をおいた設計
- 1対1direct接続で上限122kHz ~ 905Mbps
→ほぼ帯域のリミットを達成
(従来のデータ取得プログラムでは上限63kHz)
- 複数・任意のIP addressからデータ取得可能
- 設定ファイル書換えのみで
target IP address変更可 (再コンパイル不要)



横軸：FEBに与えたトリガの周波数。
縦軸：約 10^8 Bytes(10^5 events)を収集
した時の換算スループット。
(取得データ量/所要時間)

Machine specification



Client PC
(Camera server)



Intel X520DA2

Chelsio T420CR

| 部品 | 型番 | 性能 |
|-------------|---------------------------|---|
| CPU | Core i7-4930K BOX | 3.40GHz/ターボブースト時 3.90GHz/6-core 12-thread/ L2 256KBx6/L3 12MB/TDP130W |
| memory | KS14731821 | DDR3 2400MHz CL11 DIMM 2枚により 8GB |
| Disk | Transcend TS256GSSD320 | 256GB/ SSD /2.5インチ/MLC/SATA 3.0 (6Gb/s) |
| MotherBoard | X79 Extreme9 | Intel X79 Chipset、Intel Core i7対応、 SATA3 6.0Gb/s × 8 (Intel X79、Marvell SE9220、Marvell SE9172 による RAID 0,1,5,10 など対応。全てNCQ,AHCI, HotPlug機能) など |
| NIC | Intel X520DA2 | PCI-Express 2.0 対応 5.0 GT/s x 8 Lane intelligent offload |
| NIC | Chelsio T420CR | PCI-Express 2.0 対応 5.0 GT/s x 8 Lane 32K offloaded connections |

Switch Netgear GS752TXS



RJ45 48ポート, 10Gbps SFP+ 4ポート

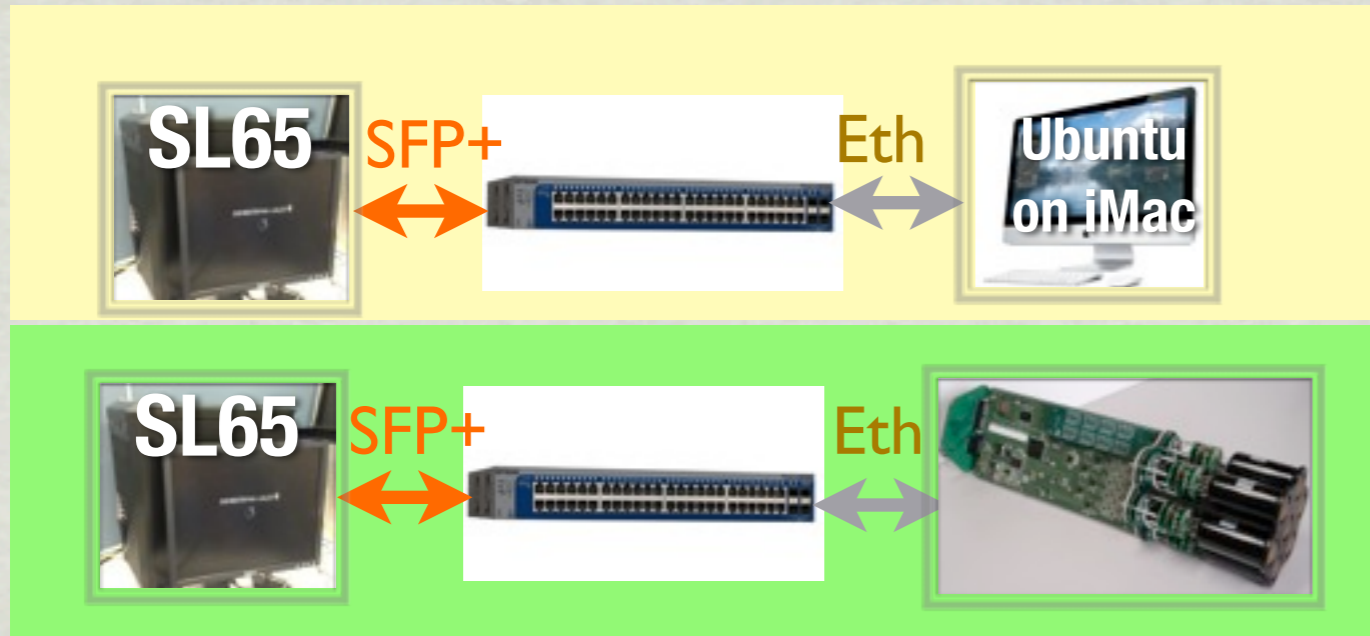
転送方式: store & forward

システムメモリ: 128MB、パケットバッファメモリ: 2MB、フラッシュメモリ: 32MB

スイッチング・ファブリック: 176Gbps、パケットフォワーディング: 130.9Mpps

レイテンシ: 20 μ s 以下

NIC比較(DragonDaq/iperfによる計測)



| | | Saturation Point[kHz] | Throughput [Mbps] |
|---------------|--------|-----------------------|-------------------|
| Intel NIC使用 | (iMac) | - | 943 |
| | (FEB) | 105 | 785 |
| Chelsio NIC使用 | (iMac) | - | 944 |
| | (FEB) | 122 | 905 |

NICの転送性能

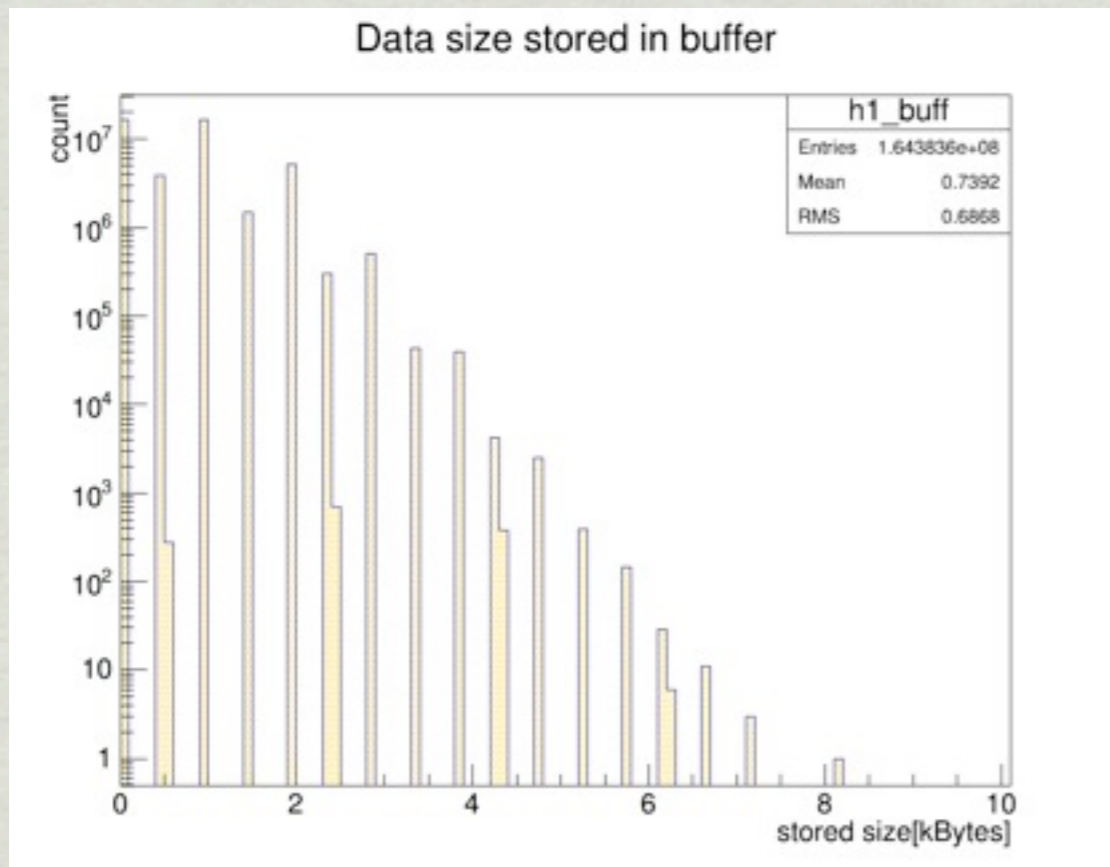
PC間の通信で同様の性能が出ていても

FEBにおいては、顕著な違い

以降、Chelsio社製NICを用いたSFP+通信でテストを行う。

スケールテストで確認すること

本来トリガはランダム(Poisson分布)にかかるが、
ネットワークではTCP/IP通信により送信バッファを介して平滑化される。
→近似的に一定間隔のトリガで試験を行う。

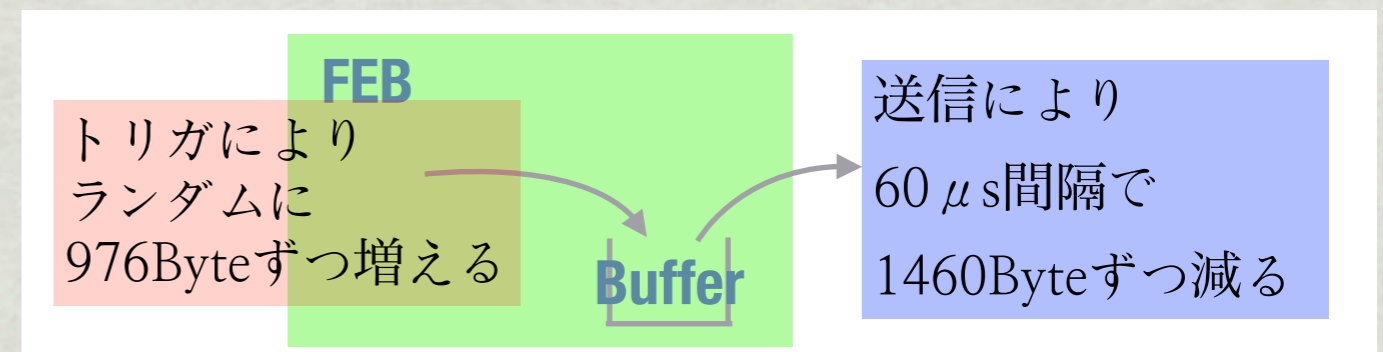


FEB側送信バッファ滞留量のシミュレーション結果。

仮定:

40kHzのPoisson分布でトリガがかかりバッファにデータが追加される一方、

帯域200Mbps = $\sim 60 \mu\text{s}$ 間隔で1460Bytesずつパケット送信される



→20分間データ収集、60 μs 毎計測の滞留量ヒストグラム

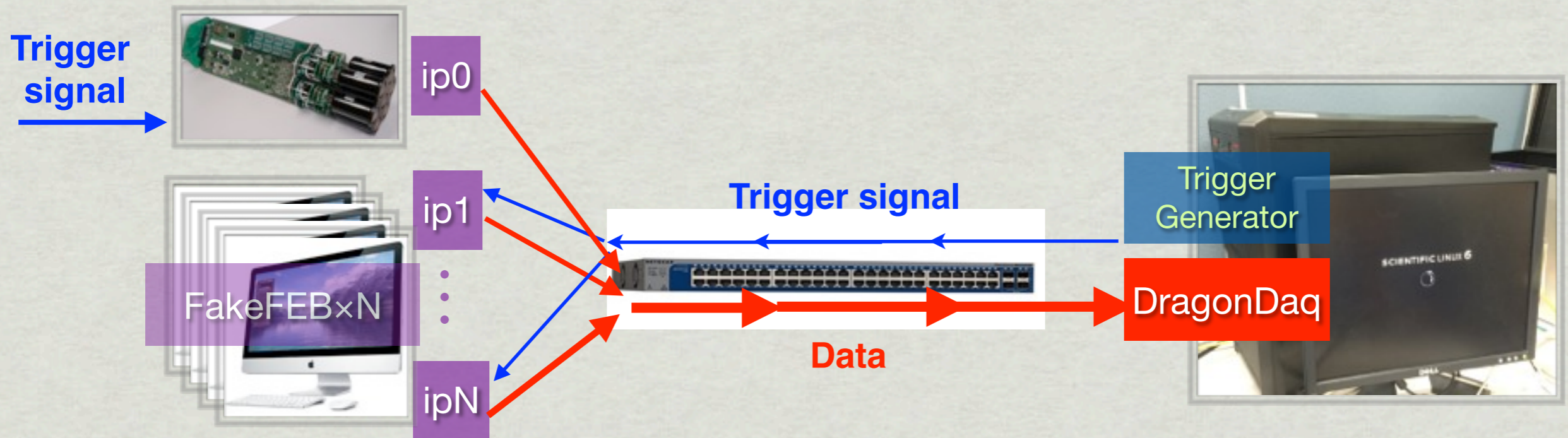
複数FEBからの読み込みも、

ネットワークがbusyにならないければ送信バッファを健全に保てる。



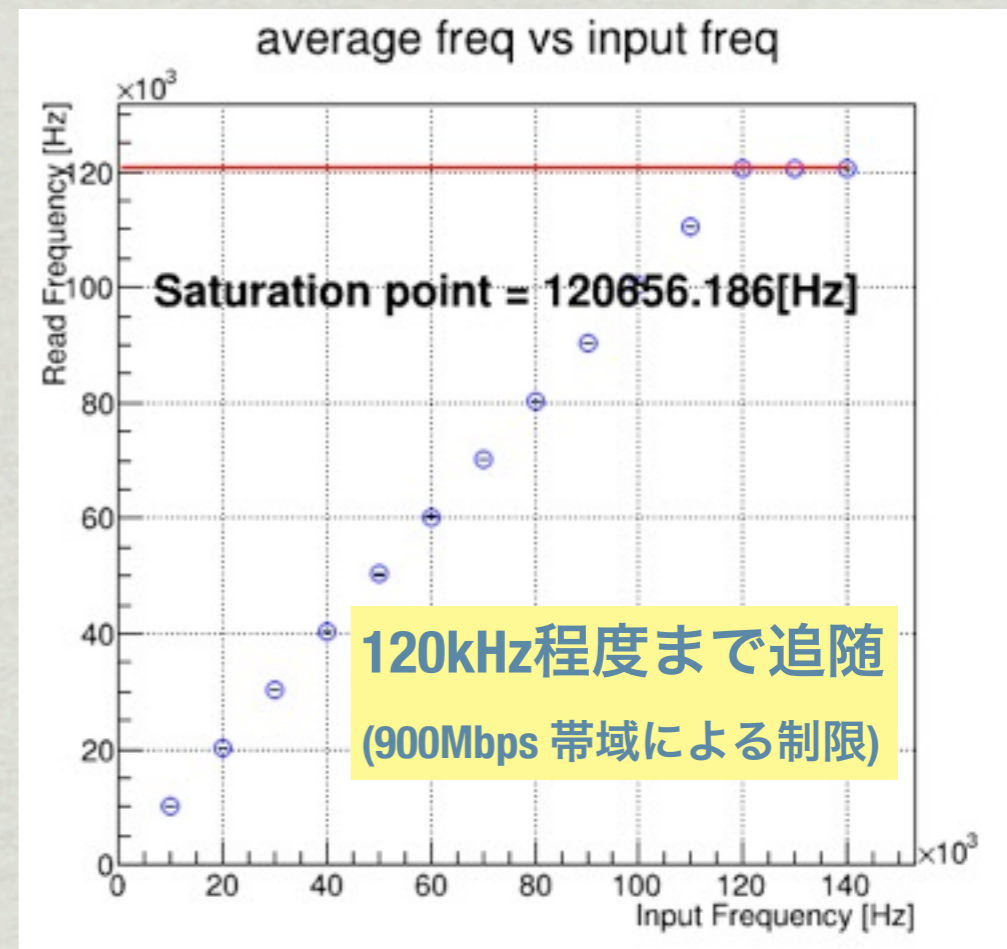
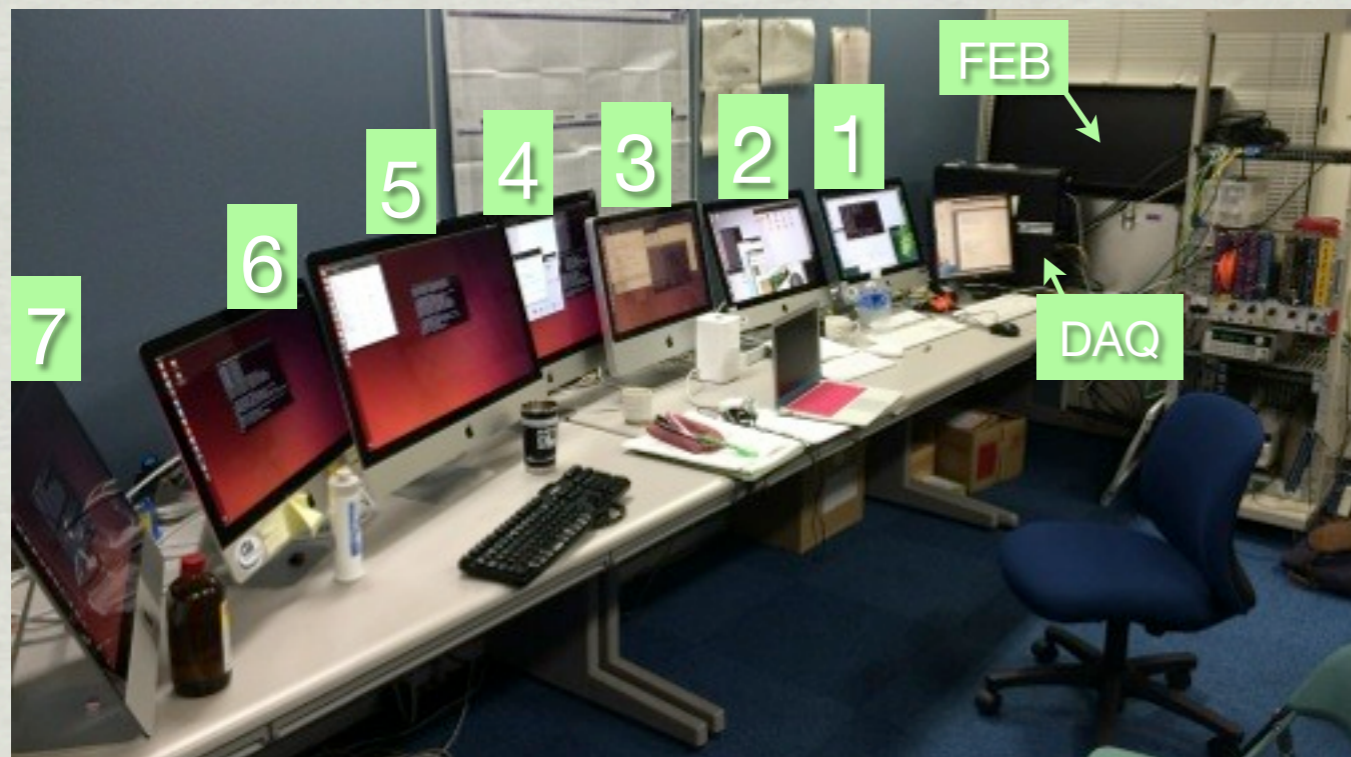
スケールテストでsaturationを起こさないか確認

Emulator program “FakeFEB” & scale test



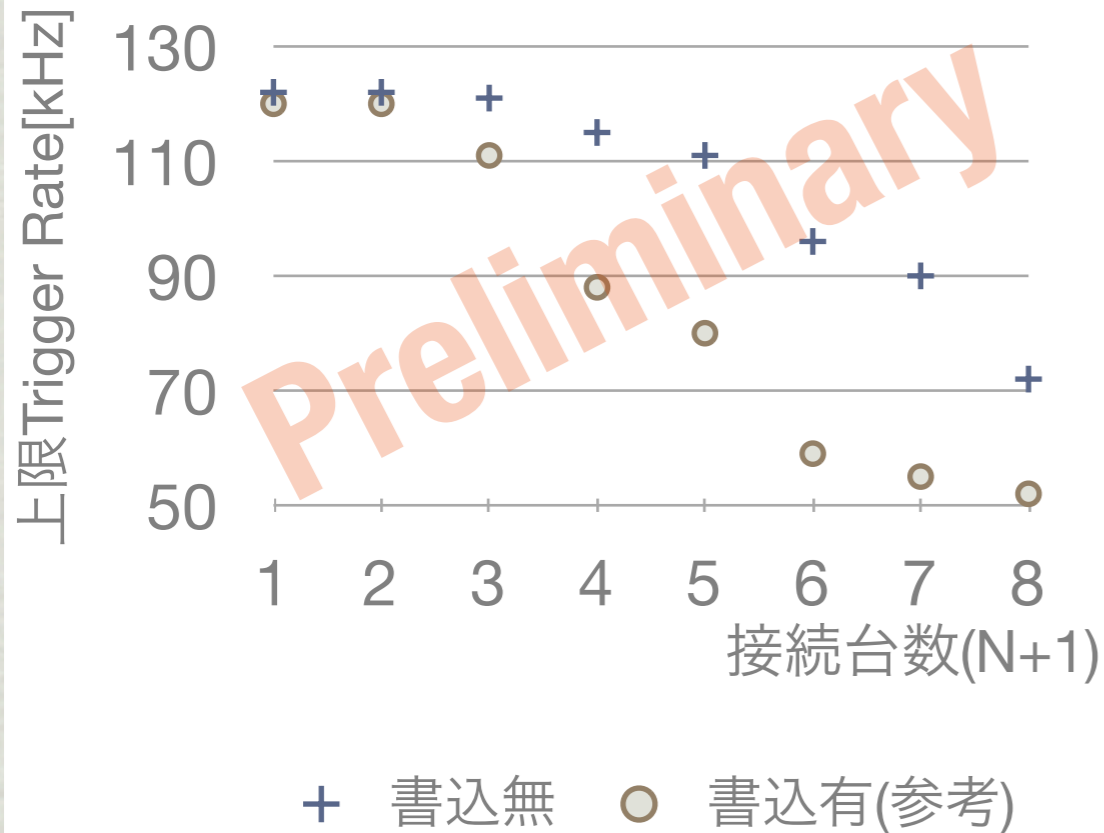
TriggerGenerator : UDP broadcast packet を送信

FakeFEB : Trigger 受信毎に data を送信

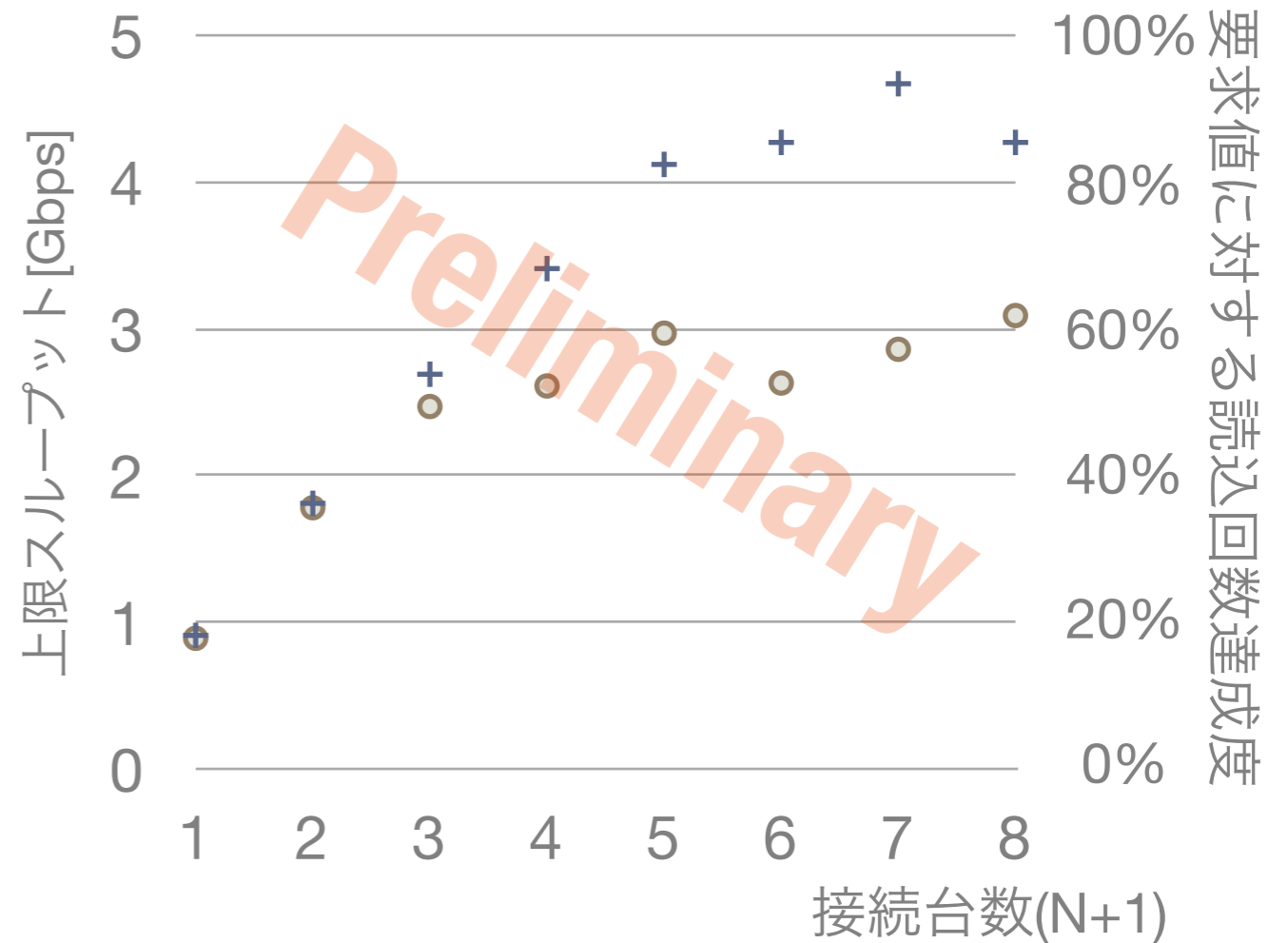


スケールテスト結果

上限トリガレート



スループット/読込回数達成度



45port分のデータを20kHzで捌けるか？

総読込み回数/s (スループット) での比較

Best case : 20kHz × 45 FEBs = 900kHz (6.7Gbps)

Requirement : 15kHz × 45 FEBs = 675kHz (5Gbps)

8台接続で 72kHz×8 = 576kHz (要求値の85%)

7台接続で 90kHz×7 = 630kHz (要求値の93%)

今後の対応策

プログラムの書き換え

システムコールを減らす、探索処理をなくす、等

ハードウェア構成・OS設定値見直し

ディスク調整(RAID化)、OS,NIC,Switchの設定調整等

Summary

- Dragonからの**本格的なデータ収集プログラム**を作成した。
1対1接続で従来のデータ確認プログラムの**2倍の速さ**
複数のFEBから同時読み出し可
- Dragonの性能測定
帯域の限度に近いレート (**905Mbps**)でデータが取得できることを確認した。
- Dragon Front End Boardの機能をPC上でEmulateした。
プログラム**"FakeFEB"**と**"TriggerGenerator"**を作成
120kHz程度まで追隨
- スケールテスト
FakeFEBプログラムを作成し、初のスケールテストを行った。
現在のプログラムとハードウェア構成の性能で**要求値の85%程度を達成**
できていることを確認した。
今後、プログラム改善、ハードウェア構成・OS設定の見直しを進めていく。